

冶金生产技术丛书

YEJIN SHENGCHAN JISHU CONGSHU

大高炉炼铁生产



冶金工业出版社

76.213

762

冶金生产技术丛书

大高炉炼铁生产

鞍山钢铁公司炼铁厂 编著

310524/24

冶金工业出版社

冶金生产技术丛书
大高炉炼铁生产
鞍山钢铁公司炼铁厂 编著

•

冶金工业出版社出版
新华书店北京发行所发行
冶金工业出版社印刷厂印刷

•

850×1168 1/32 印张 12 1/4 插页 1 字数 322 千字
1974年 8 月第一版 1974年 8 月第一次印刷
印数 00,001~11,400 册
统一书号: 15062·3098 定价 (科三) 1.20 元

毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省
地建设社会主义。

人民，只有人民，才是创造世界
历史的动力。

一个粮食，一个钢铁，有了这两
个东西就什么都好办了。

入门既不难，深造也是办得到的，
只要有心，只要善于学习罢了。

出版说明

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，我们冶金战线上的广大职工，继续贯彻执行**鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义**的总路线，高举“**鞍钢宪法**”的光辉旗帜，坚持**独立自主，自力更生，艰苦奋斗，勤俭建国**的方针，**抓革命，促生产**，夺取革命与生产的新胜利。

为了适应冶金工业发展的需要，根据广大冶金工人学习生产技术知识的迫切要求，我们组织编写了一套《冶金生产技术丛书》，介绍冶金工业采矿、选矿、有色金属冶炼和加工，炼铁、炼钢、轧钢、金属材料等有关生产技术操作和基本知识，供冶金工人阅读，并给从事于冶金工业的干部和技术人员参考。

《大高炉炼铁生产》是这套丛书中的一种，是由鞍山钢铁公司炼铁厂编著的。内容主要以鞍钢炼铁厂大高炉炼铁实践为基础，在某些章节也涉及到我国其他炼铁厂大高炉生产的实践。本书从生产实践的角度较为系统地叙述了大高炉的炼铁过程，着重于生产操作，原理部分叙述较简单、浅显。

在编写过程中，鞍山钢铁大学曾对作者提供了不少资料，北京钢铁学校也给予了大力协助，特此致谢。

书中可能存在不足之处，欢迎广大读者批评指正。

一九七三年九月

31200

目 录

第一章 高炉生产概述	1
第二章 高炉炼铁原料	11
第一节 原料对高炉冶炼的影响	11
第二节 人造富矿	19
第三节 铁矿石及其分类	31
第四节 铁矿石的质量评价	33
第五节 高炉炼铁用锰矿	38
第六节 高炉炼铁用熔剂	41
第七节 高炉炼铁辅助原料	43
第八节 高炉炼铁用燃料	44
第九节 原料和燃料的管理	58
第三章 高炉结构与装料设备	63
第一节 炉型与耐火砖衬	63
第二节 基础和钢结构	68
第三节 冷却设备	71
第四节 供料设备	85
第五节 炉顶装料设备	93
第六节 斜桥卷扬设备	111
第四章 热风炉结构和操作	125
第一节 热风炉结构	125
第二节 二通式热风炉破损情况及其原因	129
第三节 高风温热风炉结构	135
第四节 热风炉烘炉	138
第五节 合理的燃烧制度	141
第六节 热风炉的主要附属设备	147
第七节 热风炉操作及事故处理	156
第八节 提高风温的措施	159

第九节 高炉除尘	163
第五章 高炉冶炼基本原理	167
第六章 高炉炉况判断	183
第七章 高炉炉况调节	194
第一节 热制度的选择与负荷调节	196
第二节 送风制度的选择	212
第三节 装料制度的选择与调节	225
第四节 造渣制度的选择和配料计算	233
第五节 炉况失常的处理	272
第八章 高炉强化冶炼操作	282
第九章 高炉燃料喷吹	291
第一节 喷吹燃料的意义和效果	291
第二节 喷吹燃料的基本理论	292
第三节 几种燃料的喷吹方法	309
第四节 喷吹燃料的发展	318
第十章 高炉开炉、停炉和休风、复风	322
第一节 高炉的开炉和停炉	322
第二节 高炉的休风和复风	335
第十一章 高炉炉前操作	339
第一节 炉前工作场与设备	339
第二节 炉前操作	349
第三节 开停炉时炉前操作	366
第四节 事故及其处理	374
第十二章 高炉炼铁发展趋向	379

第一章 高炉生产概述

一、高炉生产的工艺流程

自然界的铁大多数是以铁的氧化物状态存在于矿石中，如赤铁矿(三氧化二铁—— Fe_2O_3)、磁铁矿(四氧化三铁—— Fe_3O_4)。高炉炼铁就是从铁矿石中将铁还原出来，并熔化成生铁。还原铁矿石需有还原剂，为了使铁矿石中的脉石生成低熔点的熔融炉渣而排除，必须有足够的热量并加入熔剂（主要是用石灰石）。在高炉炼铁中，还原剂和热量都是由燃料供给的。目前所用燃料主要是焦炭。为了节省焦炭，鞍钢高炉从风口向高炉中喷吹重油和煤粉。鞍钢所用的铁矿石主要是自熔性烧结矿（占90%左右），还用部分球团矿（占5~7%）和少量天然矿石（占3~5%）。

高炉是一个竖式的圆筒形炉子。高炉本体包括炉基、炉壳、炉衬及其冷却设备和高炉框架或支柱。高炉炉型即高炉内部工作空间的形状。一般可分五段：炉喉、炉身、炉腰、炉腹、炉缸。炉缸部分设有风口、铁口和渣口。炉壳是用钢板焊接成的，它起着承受负荷，强固炉体，密封炉墙等作用。高炉基础由上下两部分组成，上面的耐热混凝土制的圆柱形块体称做基墩，下面的钢筋混凝土块体为基座。炉衬用耐火砖砌成，它是在高温条件下工作的。为了延长炉衬寿命，通常对其进行冷却。冷却介质多采用水。近年来汽化冷却有所发展。冷却设备种类很多，如光面冷却壁，镶砖冷却壁，铸钢水平冷却板，支梁式冷却箱等，它们都是内有通水管子的金属铸件。高炉框架或支柱主要是支持高炉的装置。旧式高炉多采用由炉缸支柱、炉腰支圈、炉身支柱、炉顶框架组成的支柱结构，以支持炉顶和炉身重量。新型高炉采用四根管柱组成的框架结构支持炉顶重量，取消了围绕炉缸和炉身的炉缸支柱和炉身支柱。

生产时从炉顶装入铁矿石、燃料(焦炭)、熔剂(石灰石),从高炉下部的风口处向炉内吹送热风(900~1100°C的空气)。燃料中的碳素和热风中的氧发生燃烧反应($C + 1/2O_2 \rightarrow CO + Q$),产生大量的热和炽热的还原性气体。炽热的煤气以高速不断上升,炉料从上部不断下降,受到煤气的加热和还原等化学作用,在高温下煤气中的CO和H₂及部分固定碳夺取了铁矿石中的氧,从而得到铁,这个过程叫做还原。还原出来的海绵铁熔化渗碳而形成生铁。铁水由铁口放出,经铁沟及其流咀进入铁水罐中,然后运往炼钢厂炼钢或运往铸铁车间铸成铁块。铁矿石中的脉石与加入炉内的石灰石结合成炉渣,从渣口排出,经渣沟及其流咀进入渣罐而后运往矿渣场;有的在渣沟流咀处用高压水将液体炉渣冲成水渣。煤气从炉顶导出,经煤气净化系统处理后(一般含尘量可达10毫克/米³以下),作为燃料,其中40%左右用来加热热风炉。

高炉生产的工艺流程见图1-1

工艺流程除高炉本体外还有以下几个系统:

1. 上料系统——包括贮矿场、贮矿槽、焦仓、焦炭滚筛、称量漏斗、称量车(或采用链带、皮带称量系统)、料车坑、料车或料罐、斜桥、卷扬机。
2. 装料系统——主要包括受料漏斗、旋转布料器、大小钟料斗、大小钟、大小钟平衡杆、探料尺。高压操作高炉还有均压阀和均压放散阀。
3. 送风系统——主要包括鼓风机、热风炉、热风总管、热风围管等。
4. 煤气除尘系统——一般包括煤气上升管、煤气下降管、重力除尘器、洗涤塔、文氏管、脱水器等。高压操作的高炉还有高压阀组。
5. 渣铁处理系统——包括出铁场、电炮、开口机、炉前吊车、铁水罐、铸铁机、堵渣机、渣罐、水渣池。还有的采用炉前水力冲渣。
6. 喷吹系统——喷煤有煤粉收集罐、贮煤罐、喷吹罐、混

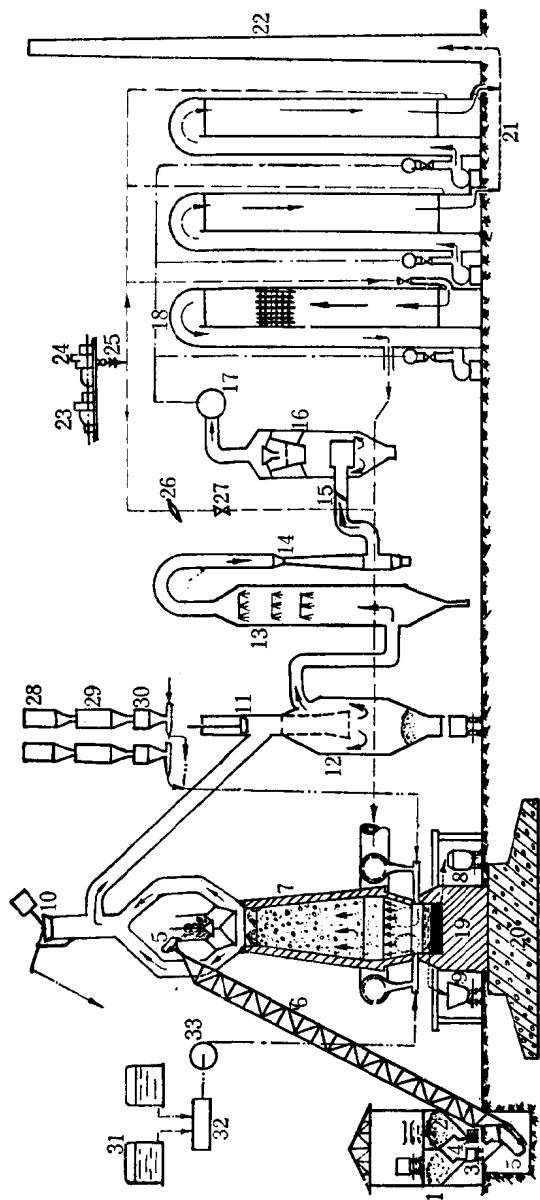


图 1-1 高炉生产流程简图

1—贮矿槽；2—称量车；3—焦炭滚筛；4—焦炭滚筛；5—除尘管；6—斜桥；7—高炉本体；8—铁水罐；9—渣罐；10—放散阀；11—切断阀；12—除尘器；13—除尘器；14—文氏管；15—高压调节阀组；16—灰泥捕集器（脱水器）；17—净煤气总管；18—热风炉（三座）；19—炉基基座；20—炉基基座；21—热风炉地下烟道；22—烟囱；23—蒸汽透平；24—鼓风机；25—放风阀；26—混风调节阀；27—混风大闸；28—收集罐（煤粉）；29—储煤罐；30—储油罐；31—储油罐；32—过滤器；33—油加压机

合器、喷枪。喷油系统有卸油泵、贮油罐、过滤器、送油泵、稳压罐、调压装置、喷枪。

二、大高炉生产特点

(一) 大规模生产

一般称容积为 800米^3 以上的高炉为大型高炉。其特点之一是大规模生产。如 1513米^3 高炉日产生铁可达3000吨，相应产出 $2100\sim 2300$ 吨以上的炉渣和 $600\sim 700$ 万 米^3 煤气。日耗烧结矿 $5500\sim 5800$ 吨，焦炭 $1400\sim 1500$ 吨和以成百吨计的重油和煤粉，以及 $6\sim 9$ 万吨水和 18000 度左右的电……。每日把几千吨原料装入炉内、几千吨产品连续进行处理，没有生产率高的机械设备及运输工具，并合理地加以组织，则不能保证生产的顺利进行。

(二) 连贯性生产中的一个重要环节

高炉生产是钢铁联合企业中一个重要环节。高炉停工或减产会给整个联合企业的生产带来严重影响。因此，高炉工作者要努力防止各种事故，并且采取各种措施，使高炉生产能有节奏地、协调地进行。

(三) 长期连续性生产

高炉从开炉到大修停炉（一代）的十年左右的时间内是不断地进行连续生产的。仅在设备检修或发生事故时才停止生产（休风）。原料不断地装入高炉，而煤气也不断地从高炉中逸出。生铁和炉渣聚积在炉缸内定时地放出。

(四) 机械化、自动化程度高

由于以上三个特点，所以要求有较高度度的机械化和自动化。这样，不仅提高劳动生产率，降低生产成本，而且为了改善劳动条件，保证安全生产。

三、高炉冶炼的产品和副产品

高炉生产所获得的冶炼产品是生铁，副产品是炉渣、煤气和炉尘。

熟铁、钢和生铁都是铁碳合金。我们以它的含碳多少来区别。一般含碳小于 0.2% 的叫熟铁，含碳 $0.2\sim 1.7\%$ 的叫钢，含

碳 1.7% 以上的叫生铁。

(一) 生铁

生铁可分三类：一类是供炼钢用的制钢铁；一类是供浇铸机件和工具的铸造铁；还有一类是铁合金，高炉冶炼的铁合金主要是锰铁和硅铁。

制钢铁又可分为碱性平炉铁，酸性转炉铁及碱性转炉生铁（氧气顶吹转炉生铁同此）。平炉生铁要求含硅要低，因低硅铁可以降低平炉的冶炼时间，提高钢的产量和延长平炉的寿命。近年来鞍钢生产的生铁主要以平炉制钢铁 P08 为主，即含 $\text{Si} \leq 0.85\%$ 、含 $\text{S} < 0.07\%$ 的生铁。

铸造铁按照硅的含量分为六级。一般浇铸用铁含硅约 2~4%，只有特殊铸造用的铁，硅才低到 1.0% 以下。

我国生铁的牌号和化学成分按 1966 年颁发的我国国家标准划分。其具体内容如下：

一、炼钢生铁如下表：

铁 种		碱 性 平 炉 炼 钢 生 铁		酸 性 转 炉 炼 钢 生 铁		碱 性 转 炉 炼 钢 生 铁	
铁 号	牌 号 代 号	碱平08 P08	碱平10 P10	酸转10 S10	酸转15 S15	碱转08 J08	碱转13 J13
化 学 成 分 (%)	Si	≤ 0.85	> 0.85 ~ 1.25	0.75 ~ 1.25	> 1.25 ~ 1.75	$0.60 \sim 1.10$	> 1.10 ~ 1.60
	Mn	不 规 定		$0.50 \sim 1.00$		$> 0.50 \sim 1.50$	
						≤ 0.50	
	P	1级	≤ 0.150	≤ 0.070		—	≤ 0.400
		2级	≤ 0.200			> 0.400 ~ 0.800	> 0.400 ~ 0.800
		3级	≤ 0.400			> 0.800 ~ 1.600	—
	S	1类	≤ 0.030	≤ 0.040		≤ 0.040	
		2类	≤ 0.050	≤ 0.050		≤ 0.060	
		3类	≤ 0.070	≤ 0.060		≤ 0.070	

二、铸造生铁如下表：

铁 种	铁 号		化 学 成 分 (%)													
	牌 号	代 号	Si	Mn			P					S				
				1组	2组	3组	1级	2级	3级	4级	5级	1 类	2 类	3 类		
							低磷	普	通	高	磷	不 大 于				
普 通 铸 造 生 铁	铸35	Z 25	$\sqrt{3.25 \sim 3.75}$													
	铸30	Z 30	$\sqrt{2.75 \sim 3.25}$											0.030	0.040	0.050
	铸25	Z 25	$\sqrt{2.25 \sim 2.75}$	≤ 0.50	$0.50 \sim 0.90$	$0.90 \sim 1.30$	≤ 0.100	$0.100 \sim 0.200$	$0.200 \sim 0.400$	$0.400 \sim 0.700$	$0.700 \sim 1.000$					
	铸20	Z 20	$\sqrt{1.75 \sim 2.25}$	$\wedge$		$\wedge$	$\wedge$	$\wedge$	$\wedge$	$\wedge$	$\wedge$					
	铸15	Z 15	$\sqrt{1.25 \sim 1.75}$											0.040	0.050	0.060
冷铸车 轮生铁	冷08	L 08	$0.50 \sim 1.00$	$0.50 \sim 1.00$			$0.15 \sim 0.35$					0.070				

(二) 炉渣

炉渣在工业上有广泛的用途：

1. 液体炉渣用水急冷可粒化成水渣，作为水泥原料；
2. 用蒸汽或压缩空气将液体炉渣吹成渣棉，作绝热材料；
3. 炉渣经过处理做成渣砖或渣块，用作建筑或铺路材料。

目前鞍钢炉渣部分作成水渣，大部分运到矿渣场，还未充分加以利用。

(三) 高炉煤气

高炉煤气化学成分一般为 $\text{CO}_2 14 \sim 17\%$ ， $\text{CO} 24 \sim 26\%$ ， $\text{H}_2 3 \sim 4\%$ ， $\text{CH}_4 0.6\%$ ， $\text{N}_2 56\%$ 。

高炉冶炼时，每吨生铁可产煤气 $2000 \sim 3000 \text{ 米}^3$ 。煤气的发热值为 $850 \sim 1050 \text{ 大卡/米}^3$ ，可作燃料用。目前鞍钢高炉煤气除供加热热风炉外，还供炼钢、炼焦、均热炉等用户。

(四) 炉尘（瓦斯灰）

炉尘是煤气上升时带出的细颗粒的固体炉料，高炉炉尘中含

铁 30~50%；碳 5~15%，所以炉尘经回收后，可供烧结厂作烧结料用。

四、高炉生产技术经济指标

高炉生产技术水平和经济效果可用技术经济指标来衡量，高炉生产总的说来是要求高产、优质、低耗、长寿。其主要指标有：

1. 高炉有效容积利用系数（以 η_v 表示）

是指每米³高炉有效容积一昼夜生产生铁的吨数，即高炉每昼夜产铁量（ P ）与有效容积（ V_n ）的比值。

$$\eta_v = \frac{P}{V_n} \text{吨/米}^3 \cdot \text{昼夜}$$

在国外的表示方法是

$$\eta'_v = \frac{1}{\eta_v} = \frac{V_n}{P} \text{米}^3/\text{吨} \cdot \text{昼夜}$$

η_v 是衡量高炉生产率的一个重要指标。 η_v 愈高说明高炉的生产率愈高，鞍钢1972年先进高炉年平均 η_v 已达2.0左右，一般高炉 η_v 为1.5~1.7。

2. 焦比（ K ）

即炼一吨生铁所需的焦炭量，用公式表示如下：

$$K = \frac{Q_K}{P} \text{公斤/吨生铁}$$

式中 Q_K ——高炉一昼夜消耗的干焦量（公斤）。

焦比的高低很大程度上标志着每吨生铁成本的高低，鞍钢生铁成本中焦炭费用约占30~40%。鞍钢1972年先进高炉平均焦比已达470公斤，一般为500公斤左右。

3. 油比（ M ）、煤比（ Y ）、置换比

高炉采用喷吹重油、煤粉或天然气后，每吨生铁消耗的油量为油比；消耗的煤粉量为煤比。喷吹单位重量（或体积）的燃料替代的焦炭量为置换比。置换比愈高，在一定冶炼条件下焦比愈低，它是表示喷吹燃料利用率好坏的系数。

$$\text{油比 } M = \frac{Q_M}{P} \text{ 公斤/吨生铁}$$

$$\text{煤比 } Y = \frac{Q_Y}{P} \text{ 公斤/吨生铁}$$

式中 Q_M 、 Q_Y ——分别为一昼夜重油、煤粉消耗量（公斤）。

现场采用的置换比计算方法是：

$$\text{混合置换比} = \frac{\Delta K}{M + Y}$$

$$\Delta K = K_0 - K_1$$

式中 ΔK ——实际焦比降低量（公斤）；

K_0 ——基准期焦比（公斤）；

K_1 ——调查期的校正焦比（公斤）。

4. 冶炼强度（ I ）

每昼夜、每米³高炉有效容积消耗的焦炭量；即高炉一昼夜内装入的焦炭量（ Q_K ）与有效容积（ V_n ）的比值：

$$I = \frac{Q_K}{V_n} \text{ 吨/米}^3 \cdot \text{昼夜}$$

冶炼强度表示高炉作业强化程度的高低，它取决于高炉所能接受的风量。鼓风愈多，燃烧的焦炭也就愈多，在焦比不变或增加不多的情况下，高炉利用系数也就愈高。

$$\eta_v = \frac{I}{K}$$

喷吹煤粉或重油时，计算冶炼强度还应包括下部喷入燃料的碳素所相当的焦炭量，这种冶炼强度叫做综合冶炼强度（ $I_{\text{总}}$ ），大致可用下式计算：

$$I_{\text{总}} = \frac{Q_K}{V_n} + Q' \times \frac{1}{C_K} \times \frac{1}{V_n} = \left(Q_K + \frac{Q'}{C_K} \right) \frac{1}{V_n}$$

式中 Q' ——每昼夜喷入高炉燃料的碳量（吨）；

C_K ——焦炭中固定碳（%）。

为简便起见，今后可考虑以每米³高炉有效容积吹入的风量

表示高炉综合冶炼强度，条件是风量计量必须准确；富氧鼓风时必须加以换算。

$$5. \text{焦炭负荷} = \frac{\text{矿石批重} + \text{每批锰矿石量}}{\text{焦炭批重}}$$

矿石批重——指每批料的矿石重量；

焦炭批重——指每批料的焦炭重量。

6. 冶炼周期 (t)。

从炉料装入到下降到达风口所经过的时间称为冶炼周期，它说明炉料下降速度的快慢。显然，冶炼周期愈短，产量愈高。通常按下式近似计算：

$$t = \frac{24V_n}{P \times V' \times (1 - \xi)} = \frac{24}{\eta_v \times V' \times (1 - \xi)} \text{时}$$

式中 V' ——每吨铁所需炉料的体积 (米^3)

ξ ——炉料压缩率 (%)，与炉子容积有关。根据鞍钢炉料条件，500~600 米^3 高炉 ξ 为 6.0~6.5%，900~1000 米^3 炉子为 11~12%，1513 米^3 炉子为 14.5%，2025 米^3 炉子为 16.3%。

7. 休风率

休风时间占规定作业时间（即日历时间减去按计划进行大、中修的时间）的百分数叫休风率。休风率反映了设备维护和高炉操作的水平。我国先进高炉的休风率已降到 1% 以下。实践证明：降低 1% 的休风率，高炉产量可提高 2%。

8. 生铁合格率

生铁的化学成分符合国家标准要求的叫合格铁。合格铁占高炉总产量的百分数叫生铁合格率，它是评价高炉生产质量好坏的指标。

9. 生铁成本

单位生铁成本由原料、燃料、动力消耗费及车间经费等项组成，它是从经济方面衡量高炉作业的指标。其具体项目有：

(1) 原燃料消耗——铁矿石、碎杂铁、硅锰渣、石灰石、

焦炭、重油、煤粉、筛下焦损失、损失废铁和瓦斯灰（需扣除，按负值计算）。

（2）动力费——循环水、风、煤气。

（3）车间经费——辅助材料（消耗材料、耐火材料、备品材料、大型工具）、工资、折旧费、管理费（运费、办公费用、差旅费及其他）、动力费（电、汽、新水）。

（4）粗煤气（应扣除，按负值计算）。